



**Рис. 4.** Зависимость приведенной концентрации бензола от объемного расхода раствора. Частота следования импульсов – 840 имп/с

Обработка модельных растворов бензола импульсным коронным разрядом в водовоздушном потоке позволяет снизить концентрацию растворенного в воде бензола с 10 – 15 мг/л до 0,01 – 0,03 мг/л, что существенно ниже предельно допустимой концентрации, составляющей 0,5 мг/л для вод рыбохозяйственного назначения.

Таким образом, применение электроразрядной технологии является перспективным направлением очистки сточных вод от растворенного бензола. Эффективность окисления бензола составляет 1,2 – 1,4 г/кВт·ч, затраты энергии на обработку воды – 1,0 – 1,5 кВт·ч/м³. Для повышения скорости окисления бензола необходима оптимизация процессов массообмена в реакторе импульсного разряда, а также повышение эффективности использования активных частиц-окислителей.

#### Список литературы:

1. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp3.pdf>
2. Yue Z., Mangun C., Economy J., Kemme P., Cropek D., Maloney S. Removal of chemical contaminants from water to below USEPA MCL using fiber glass supported activated carbon filters // Environ. Sci. Technol. – 2001. – Vol. 35. – P. 2844 – 2848.
3. Farhadian M., Duchez D., Vachelard C., Larroche C. Monoaromatics removal from polluted water through bioreactors—A review // Water Research. – 2008. – Vol. 42. – P. 1325 – 1341.
4. Garoma T., Gurol M.D., Osibodu O., Thotakura L. Treatment of groundwater contaminated with gasoline components by an ozone/UV process // Chemosphere. – P. 825 – 831.
5. Kornev J., Yavorovsky N., Preis S., Khaskelberg M., Isaev U., Chen B-N. Generation of active oxidant species by pulsed dielectric barrier discharge in water-air mixtures // Ozone: Sci. Eng. – 2006. – Vol. 28. – No. 4. – P. 207 – 215.
6. Ono R., Oda T. Dynamics of ozone and OH radicals generated by pulsed corona discharge in humid-air flow reactor measured by laser spectroscopy // Journal of Applied Physics. – 2003. – Vol. 93. – No. 10. – P. 5876 – 5882.
7. Preis S., Panorel I. C., Kornev I., Hatakka H., Kallas J. Pulsed Corona Discharge: The Role of Ozone and Hydroxyl Radical in Aqueous Pollutants Oxidation. Wat. Sci. Technol. – 2013. – Vol. 68. – P.1536 – 1541.

#### Исследование сорбционных свойств микробиологического адсорбента при извлечении из водных сред ионов тяжёлых металлов

*Мартемьянова И. В.*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Одними из наиболее серьёзных загрязняющих факторов присутствующих практически во всех видах вод, являются микробиологические загрязнения (бактерии, вирусы, простейшие) [1, 2]. Существуют различные методы, для очистки воды от бактериологических загрязнений, такие как: мембранная очистка, ультрафиолетовое обеззараживание, озонирование, различная реагентная обработка, а также использование микробиологических фильтровальных материалов

(микробиологических адсорбентов) [3]. В последние годы, всё чаще находят применение новые виды микробиологических фильтровальных материалов [4]. Их практическое использование начинает находить применение, как в крупных водоочистных комплексах, так и в индивидуальных системах водоочистки, в комбинации с другими фильтровальными материалами и индивидуально [5]. При использовании микробиологических адсорбентов без сочетания с другими сорбентами, или способами очистки воды, необходимо знать, насколько данные материалы способны извлекать из водных сред другие виды загрязнений. Очень часто имеет место применение малых систем очистки воды (походные, бытовые), где применяется только один вид фильтровальных материалов, поэтому исследование их сорбционных свойств по извлечению различных видов загрязнений является актуальной задачей [6].

Целью данной работы является изучение ряда физико-химических, а также сорбционных свойств образцов микробиологических адсорбентов (патент RU 2242276 C1, МПК B01J20/06), при извлечении из водных растворов ионов  $Zn^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ .

Исследования проводили на двух образцах микробиологических адсорбентов, один из которых на основе целлюлозы, а второй на основе базальтового волокна. Данные волокнистые образцы носителей модифицированы наночастицами оксигидроксида алюминия.

Для оценки структурных характеристик образцов исследуемых микробиологических адсорбентов использовали метод тепловой десорбции азота. По данным измерения оценивали площадь удельной поверхности ( $S_{уд}$ ) и значения удельного объема пор ( $P$ ) образцов с использованием анализатора «СОРБОМЕТР М».

Определение влажности фильтровальных образцов производили в соответствии с ГОСТом 13525.19-91. Определялось отношение потери массы образца микробиологического адсорбента, при высушивании к его первоначальной массе при отборе пробы в соответствии со стандартным методом испытания.

Сорбция ионов  $Zn^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$  проводилась в статическом режиме, с использованием магнитной мешалки, при скорости вращения до 200 об/мин. Для проведения эксперимента брали навеску исследуемого материала массой ( $m$ ) 0,2 г, помещали её в стеклянный стакан объёмом 50 мл и заливали 20 мл раствора ( $V$ ) с начальной концентрацией ( $C_0$ ) 1 мг/дм<sup>3</sup> [7]. Модельные растворы готовили на бидистиллированной воде с использованием ГСО состава растворов ионов цинка, кадмия, свинца и меди. Процесс осадительной сорбции для каждого исследуемого образца проводили при времени контакта - 150 минут. После проведения процесса сорбции, адсорбат отфильтровывали от сорбента на бумажном фильтре «синяя лента». Конечные концентрации ионов  $Zn^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$  определяли методом инверсионной вольтамперометрии [8].

На рисунке 1 представлен внешний вид исследуемого микробиологического адсорбента на основе целлюлозы. Фильтровальный микробиологический материал на основе базальтового волокна представлен на рисунке 2.



Рисунок 1. На основе целлюлозы



Рисунок 2. На основе базальтового волокна

Таблица 1. Физико-химические свойства фильтровальных материалов

Образец	Влажность, % масс	$S_{уд}$ , м <sup>2</sup> /г	$P$ , см <sup>3</sup> /г
На целлюлозе	6±2	54,09	0,023
На базальтовом волокне	4±2	38,94	0,017

В табл. 1 представлены некоторые физико-химические параметры образцов микробиологических адсорбентов: влажность, удельная поверхность и удельный объем пор.

Как видно из таблицы 1, материал на основе целлюлозы имеет показатель по влажности немного выше, чем образец на основе базальтового волокна. По удельной поверхности и удельному объёму пор образец на основе целлюлозы имеет большие показатели.

В работе определена эффективность сорбции образцов микробиологических адсорбентов, при извлечении ионов  $Zn^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$  из водных растворов. В табл. 2, приведены адсорбционные характеристики исследуемых фильтровальных материалов, при извлечении ионов тяжёлых металлов. Процесс сорбции, с перемешиванием на магнитной мешалке, проводился в течении 150 минут.

Таблица 2. Адсорбционные характеристики микробиологических материалов

Образец	Элемент	Концентрация элемента в растворе до сорбции, мг/дм <sup>3</sup>	Концентрация элемента в растворе после сорбции, мг/дм <sup>3</sup>	Степень сорбции, %
На целлюлозе	$Zn^{2+}$	1	0,173	82,7
	$Cd^{2+}$		0,119	88,1
	$Pb^{2+}$		0,00563	99,43
	$Cu^{2+}$		0,0862	91,38
На базальтовом волокне	$Zn^{2+}$		0,0349	96,51
	$Cd^{2+}$		0,000809	99,91
	$Pb^{2+}$		0,00447	99,55
	$Cu^{2+}$		0,0186	98,14

Согласно приведенным сорбционным данным в таблице 2, мы видим, что оба исследуемых образца показывают хорошую сорбционную способность по всем сорбируемым элементам. Наилучшую степень сорбции при извлечении ионов  $Zn^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$  из водных растворов показал образец на основе базальтового волокна.

#### Выводы

1. По результатам проведённой работы определены влажность, удельная поверхность и удельный объём пор исследуемых образцов микробиологических адсорбентов.
2. Исследованы адсорбционные свойства исследуемых образцов микробиологических фильтров, в процессе статической сорбции, по отношению к ионам  $Zn^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ .
3. Материал на основе базальтового волокна показал лучшую сорбционную способность по сравнению с образцом на основе целлюлозы.
4. Сделан вывод, о возможности эффективного использования исследуемых микробиологических адсорбентов, для очистки водных сред от таких ионов тяжёлых металлов, как:  $Zn^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ .

#### Список литературы:

1. Фрог Б. Н., Левченко А.П. Водоподготовка. – М.: МГУ, 1996. – 680 с.
2. Телитченко М.М., Остроумов С.А. Введение в проблемы биохимической экологии: Биотехнология, сельское хозяйство, охрана среды. – М.: Наука, 1990. – 285 с.
3. Косое В. И. Баженова Э. В. Вода и экология: проблемы и решения. 2001 №1. С. 40-45.
4. Мартемьянов Д. В., Короткова Е. И., Галанов А. И. Сорбционные материалы нового поколения для очистки водных сред от микробиологических загрязнений // Вестник Карагандинского университета. 2002. № 3. – С. 61-65.
5. Martemyanov D. V., Korotkova E. I., Muhortov D. N. FiBrA installations with nanosorption FilLis cleaning materials for purification of aquatic environments from the chemical and microbiological contamination: тезисы докладов XIII Всероссийской научно-практической конференции имени профессора Л. П. Кулёва студентов и молодых учёных с международным участием «Химия и химическая технология в XXI веке», (г. Томск), 2012.
6. Plotnikov E. V., Martemyanova I. V., Martemyanov D. V. «Development of installations for the purification of water mediums in extreme conditions using nanosorption filtering materials» (тезисы) П27 Перспективы развития фундаментальных наук: труды XI Международной конференции студентов и молодых учёных. Россия, Томск, 22–25 апреля 2014 г. – Национальный Исследовательский Томский политехнический университет, 2014.

7. Мартемьянов Д. В., Галанов А. И., Юрмазова Т. А. Определение сорбционных характеристик различных минералов при извлечении ионов  $As^{5+}$ ,  $Cr^{6+}$ ,  $Ni^{2+}$  из водных сред // Фундаментальные исследования № 8 (часть 3), 2013 год. С. 666-670.
8. Скачков В. Б., Ластенко Н. С., Иванов Ю. А., Хустенко Л. А., Назаров Б. Ф., Заичко А. В., Иванова Е. Е., Носова Г. Н., Толмачёва Т. П. Измерение массовой концентрации химических веществ методом инверсионной вольтамперометрии: Сборник методических указаний. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. – С. 271.

#### Бытовая установка для очистки водопроводной воды

*Мухортов В.В., Немцова О.А., Мартемьянов Д.В., Мухортова Ю.Р., Дозморов П.С.*

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Одним из самых доступных источников воды для цивилизованного человека остается вода из водопровода [1, 2]. Но её качество не всегда такое, как хотелось бы, из-за содержания в ней различных химических и механических загрязнений [3, 4]. Многие водопроводы, по которым идёт вода, являются устаревшими и изношенными, и в процессе эксплуатации они загрязняют идущую по ним воду механическими и химическими веществами.

В данной работе, объектом исследования является водоочистная установка, состоящая из трёх фильтровальных модулей. Установка предназначена для очистки водопроводной воды в бытовых условиях от механических и химических загрязнений. Первый модуль представляет собой механический фильтр (AquaKit SL 10" WP). Он задерживает нерастворимые примеси с размером частиц более пропускной способности картриджа. Картридж WP изготовлен из полипропиленовой нити встречной скрутки, навитой с переменным шагом на жестком перфорированном основании (1 на рис. 2). Второй модуль заполнен минералами цеолит и глауконит, с размером фракций 0,5-1 мм (2, 3 на рис. 2). Третий модуль заполнен сорбентом на основе керамзита модифицированного оксигидроксидом железа, с размером гранул 0,5-1,5 мм [5] и активированным углём (4, 5 на рис.2).

Для оценки структурных характеристик применяемых в установке сорбентов, использовали метод тепловой десорбции азота. По данным измерения оценивали площадь удельной поверхности ( $S_{уд}$ ) и значения удельного объема пор ( $P$ ) образцов с использованием анализатора «СОРБОМЕТР М».

Сорбционные характеристики водоочистной установки определяли по извлекаемым из водопроводной воды элементам:  $Zn^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ , Si. Начальные и конечные концентрации ионов  $Zn^{2+}$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Pb^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$  определяли методом инверсионной вольтамперометрии [6]. Содержание  $Si^{4+}$  определяли методом фотоколориметрии.

На рисунке 1 показана описываемая водоочистная установка для фильтрации водопроводной воды в домашних условиях.



Рисунок 1. Общий вид водоочистной установки

На рисунке 2 представлена схема исследуемой водоочистной установки.